

LA REPRODUCCIÓN DE EXPERIMENTOS HISTÓRICOS EN RELACIÓN CON LA FORJA DE ETHOS CIENTÍFICO

Carlos Eduardo de Jesús Sierra Cuartas

Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas. Escuela de Procesos y Energía.
Medellín, Colombia. Correo electrónico: cesierra@unalmed.edu.co

[Recibido en Marzo de 2005, aceptado en Septiembre de 2005]

RESUMEN^(Inglés)

Se propone en este ensayo la imbricación natural entre el experimento recreativo típico y su contexto histórico por la vía de la reproducción de experimentos históricos de valor pedagógico, no sólo en los niveles elementales de la enseñanza científica, sino en el universitario, con miras al fomento de un modo científico natural de entender el mundo, un ethos científico. Se justifica lo anterior desde la óptica sugerida por la antropología filosófica a fin de no escindir en forma tajante el experimento recreativo del histórico, a buen tono con el concepto de formación integral. Así mismo, se ilustra lo anterior con ejemplos emanados de la experiencia educativa del autor.

Palabras claves: *Ciencia recreativa, reproducción de experimentos históricos, neotenia, ethos científico.*

"La física es matemática en colores" (Jorge Wagensberg).

EXORDIO: SENTIDO DEL PROBLEMA

La historia de la educación posee una serie de motivos principales que permiten adquirir inteligibilidad en torno a ella. Uno de éstos, que está entre los dilemas centrales de la educación y su historia, lo constituye la perenne dialéctica entre formación e instrucción, esto es, entre la forja del hombre anhelado con sentido integral y el entrenamiento para el ejercicio de profesiones apetecidas por la sociedad y su modo de producción (Zuleta, 2001). En este último caso, el caro ideal educativo se desdibuja y se cae en la alienación del ser humano, cuestión debidamente ilustrada por pensadores de la talla de Pedro Laín Entralgo (1988). Así, el quid del problema estriba en la humanización tanto de la ciencia como de la tecnología, máxime en nuestra época, caracterizada por el desmedro de las ciencias humanas en los currículos científico-técnicos. Aún más, se trata de una cuestión abordada por el actual movimiento bioético mundial (Potter, 2001).

La humanización de la ciencia y la tecnología pasa necesariamente por la educación en sus diversos ciclos, lo que connota la creación de ethos científico, esto es, una forma científica natural de ver el mundo a escala social. Para lo que aquí nos ocupa, trataré

del fomento de un ethos tal por la vía saludable de los experimentos recreativos con interés histórico, lo que significa que no divorciaremos la dimensión lúdica de la histórica en el seno de la experimentación con fines altamente pedagógicos. Así, propondré en lo que sigue la imbricación entre ambas dimensiones. Pero, antes de ello, creo que será conveniente presentar unos cuantos elementos epistemológicos pertinentes a fin de no quedarnos en sólo recetas para el aula.

CRISIS ACTUAL DE LA CIENCIA

La visión social de la ciencia ha pasado por varios avatares a lo largo del tiempo. Si, por ejemplo, auscultamos la Edad Media, la pasión residía, en las condensaciones universitarias nacies, en la unidad del conocimiento y la comprensión de la totalidad del mundo, en marcado contraste con nuestro momento, cuyo rasgo dominante es la adoración genuflexa de hechos aislados (Borrero, 2003). Entre ambos momentos, cabe distinguir un llamativo punto de inflexión, hacia la época de la guerra franco-prusiana, cuando se pasa de la percepción de la ciencia en tanto fuente de fruición para sus adeptos al uso de la misma con fines no siempre edificantes, lo que no quiere decir que la ciencia sea mala per se. El problema estriba en su uso. De esto, las guerras a partir de la antedicha son una muestra elocuente al respecto. El célebre Jules Verne recogió muy bien tal punto de inflexión, de inicio del desencanto, en relatos como *Los quinientos millones de la Begun*, *París en el siglo XX* y *Viaje maldito* por Inglaterra y Escocia. Del mismo modo, Ray Bradbury, en *Crónicas marcianas* y *Fahrenheit 451*, refleja tal desencanto en pleno siglo XX. Los hechos son tozudos.



Figura 1.- Jules Verne.

El desencanto de nuestra época, acientífica según lo señaló el celeberrimo Richard Feynman (1999), tiene nombre propio: postmodernidad. Las guerras mundiales del siglo XX, amén de otros conflictos bélicos, junto con los temores del presente en relación con las posibilidades abiertas por los desarrollos biotecnológicos, han dado pábulo para que medren a sus anchas ideologías como la de la postmodernidad, lo que demuestran con rigor la bibliografía y la hemerografía al uso en el campo de la bioética. Botón de muestra, un libro de Ana Marta González (2000). Así las cosas, el problema de fondo consiste en un mal uso de la ciencia y la tecnología, que tiene varios matices, a saber: la abulia de la comunidad científica frente a los aspectos éticos de su labor, lo que implica que dicha comunidad no genera opinión científica entre el gran

público (Wagensberg, 1999); precaria educación científica de éste habida cuenta de los talones de Aquiles de los sistemas educativos al respecto (Sagan, 1997); monopolio del conocimiento científico y tecnológico por parte de las clases dominantes, lo que genera una visión distorsionada de la ciencia por parte del gran público, esto es, la apreciación de la ciencia en tanto instrumento de opresión, perdiéndose así el sentido ecuménico de la misma (Cerejido, 2000; Cerejido y Reinking, 2004).

En semejantes circunstancias, la racionalidad se comprende mal. De facto, mientras que los intelectuales postmodernos pretenden que ha quedado superado el Siglo de las Luces, y, por lo tanto, la razón, los tecnócratas del momento insisten en defender a ésta según se la concebía en el siglo XVIII, en su versión instrumental. Ambas posturas están hoy en tela de juicio en el discurso ético y bioético, puesto que tanto la racionalidad, en su versión instrumental, como la irracionalidad han generado monstruos por así decirlo. La defensa de lo irracional equivale a la abdicación del derecho a pensar por cuenta propia, en tanto que la defensa de la racionalidad instrumental, basada en la conciencia individual, está fuera del contexto actual, que exige una racionalidad discursiva social como la planteada décadas atrás por Habermas y Apel (Thiebaut, 2000), pues, es justo la racionalidad instrumental, con su individualismo, la que condujo a la sensación del fracaso de la razón, simbolizada en Auschwitz, lo que significa que nuestra especie aún no cuenta con la sabiduría para manejar el inmenso poder que la ciencia ha puesto en sus manos, siendo esto el almendrón del actual movimiento bioético. Estamos así, pues, ante el reto, como educadores, de poner en contexto a la razón, factor clave para formar un ethos científico social.

El panorama anterior connota desafíos bastante serios para la enseñanza actual de las ciencias y la tecnología en los diversos niveles de la educación, desafíos que cabe resumir en los siguientes interrogantes: ¿Cómo enseñar ciencia hoy cuando la instrucción prepondera sobre la formación? ¿Cómo se enseña la ciencia con sentido humano? ¿Cuál debe ser el perfil del docente respectivo? ¿Cuál su compromiso intelectual? Bien, he aquí cuatro cuestiones que, para su abordaje, precisan de la investigación educativa, puesto que los mismos subyacen a la humanización tanto de la ciencia como de la técnica.

Por desgracia, hoy ha hecho carrera una creencia consensual en el seno de las facultades de ciencias e ingeniería, acerca de la pedagogía, situación de la que el caso latinoamericano es llamativo. En pocas palabras, tal creencia afirma, con reduccionismo manifiesto, que la pedagogía es innecesaria, que dizque para una buena enseñanza basta tan sólo con un profesor que quiera enseñar y un estudiante que quiera aprender, que las facultades de ciencias e ingeniería pueden prescindir de las de educación, y así por el estilo. Es una óptica en la que no se percibe que la educación forma parte de un sistema complejo científico-técnico-productivo (Cereijido, 2000; Cereijido y Reinking, 2004). En suma, se trata de un rosario de afirmaciones gratuitas que sólo reflejan la confusión entre formación y mera instrucción, amén de una ignorancia supina del discurso educativo actual (Zuleta, 2001). Pues bien, en esto se refleja el motivo principal de las reformas neoliberales en boga en materia educativa por lo que el término educación y los campos semánticos que lo acompañan reclaman borrón y cuenta nueva a fin de que recuperen la fuerza transformadora del mundo que alguna vez tuvieron. Un reciente discurso de Mario Bunge (2003) ilustra a este respecto.

DIMENSIÓN NEOTÉNICA DEL ACTO EDUCATIVO

Jorge Wagensberg (1999), director del Museo de la Ciencia de Barcelona, nos hace ver con mucho tino que la especie humana alcanzó neoténicamente su preciso nivel

humano, esto es, el ser humano crece sin abandonar sus patrones infantiles, su gusto por el juego. Es justo la nota de *homo ludens* tan característica de nuestra especie, puesto que el juego es clave en nuestro desarrollo. Stricto sensu, el ser humano jamás deja de jugar. O, al menos, no debiera dejar de hacerlo. Por ejemplo, es lo que subyace detrás del topicazo de un abuelo jugando a gatas con el tren eléctrico “que acaba de regalar” a su semimarginado nieto.

La historia de la ciencia y la tecnología es muy ilustrativa en lo que atañe a la presencia de la antedicha dimensión neoténica. No pocos descubridores e inventores involucraron de alguna manera el juego en su quehacer. Sobre el particular, escuchemos lo que nos dice Bruno Jacomy (1992): *“Sin querer hacer del juego el motor único del progreso técnico, hay que reconocer a la luz de la evolución de las técnicas desde sus orígenes, que muchas innovaciones nacieron no de una investigación concluida o de una necesidad económica, sino de la necesidad personal de juego y de competencia de muchos técnicos o ingenieros. [...] No es ir demasiado lejos afirmar que muchos ingenieros del siglo XIX, y aun de hoy, hacen del mejoramiento constante de máquinas o procedimientos, de la búsqueda de la mejor solución, un juego análogo al de los enigmas que planteaba la Esfinge de la mitología griega”*. Hasta aquí Jacomy. Y no olvidemos que la tecnología es la expresión material del conocimiento científico.

De lo previo, es un buen ejemplo el ilustre Jorge Juan y Santacilia al concebir, en pleno siglo XVIII, el uso de modelos a escala reducida a fin de estudiar el desempeño de navíos y otras embarcaciones, pues, al fin y al cabo, un modelo es, en el fondo, un juguete, cosa sugerida con serenidad por Kartzev y Jazanovski (1980) en un aparte titulado significativamente como *Juguetes para el ingeniero*. En efecto, merced a las leyes de semejanza, los científicos e ingenieros pueden estudiar con fruición, a escala menor, el objeto real. Y, en esto, no puede faltar lo lúdico, puesto que el científico es también un esteta como bien lo hace ver Steven Weinberg (1999). Más aún, si concebimos la ciencia como “curiosidad organizada” (Goetzmann, 1990), es fácil imaginarse la misma en clave neoténica, máxime que el científico genuino no ha perdido la curiosidad propia de la infancia. De facto, el buen experimento científico no se sustrae a la dimensión lúdica.

Sobre el papel del juego en tanto motor, aunque no exclusivo, de la ciencia, la tecnología y, en general, la cultura, no puede pasarse por alto el libro clásico de Johan Huizinga (2000), en especial los capítulos titulados *El juego y el saber* y *Formas lúdicas de la filosofía*. Debo confesar que, cada vez que escucho a alguien decir que el juego dizque no tiene nada que ver con la evolución de la cultura, en particular lo

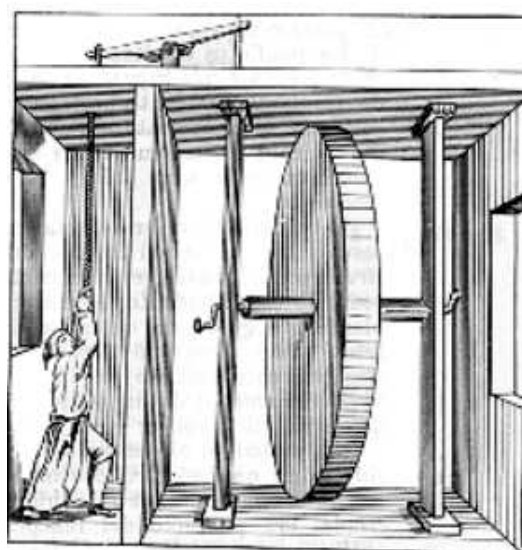


Figura 2.- Ilustración de *Física Recreativa*, uno de los libros clásicos de Yakov Isidorovich Perelman.

tecnocientífico, quedo atónito por completo. Por cierto, hoy día, con motivo de la discusión sobre reforma del currículo de ingeniería química en la Universidad Nacional de Colombia, se defiende, por parte de varios docentes, el papel de lo lúdico en la formación concomitante, según se trató en reunión de directores de carrera el 27 de mayo pasado en la ciudad de Manizales, Colombia.

Si se piensa que el modo científico de ver el mundo tiene que ver con la presencia de elementos tales como cursos, laboratorios, salas de ordenadores, bibliotecas, manuales y otros más por el estilo, se incurriría en lo que el genial Richard Feynman (1994) denominaba ciencia del tipo de adoración a los aviones (cargo cult science). O, en la provocativa óptica de Umberto Eco (2002), la asimilación de la ciencia con la magia, de la que un buen ejemplo, dado por dicho autor, es el de la actitud del hombre contemporáneo frente a la televisión, el cine y la tecnología médica. Por lo tanto, el problema de fondo todavía subyace: ¿cómo insuflar el modo científico de ver el mundo en nuestros alumnos? A mi juicio, la solución a tan delicado problema no puede prescindir tanto de la dimensión neoténica como de la histórica al enseñar ciencia e ingeniería, sobre todo si de humanizarlas se trata.

CIENCIA RECREATIVA Y EXPERIMENTOS HISTÓRICOS: ¿POR QUÉ SU IMBRICACIÓN?

Hasta donde cabe decir, existe cierta tendencia a separar en forma taxativa el experimento histórico del recreativo. La razón dada al respecto suele ser, las más de las veces, del siguiente tenor: el experimento histórico permite formar en el espíritu científico, mientras que el experimento recreativo apenas sirve para introducir en la ciencia a una persona neófita o poco iniciada. Es más, sólo se le otorga el carácter de herramienta educativa al experimento recreativo. En estos términos o parecidos, le he escuchado este tipo de aseveraciones, por ejemplo, a colegas de mi Universidad de campos tan distintos como la química, la física, la ingeniería y las diversas ciencias humanas. Empero, se trata de afirmaciones a las cuales la antropología filosófica les vuelve las tornas.

Desde la óptica de dicha rama de la antropología, está bien claro que el hombre es un ser integral, un todo complejo que no cabe escindir en partes aisladas que no interactúan entre sí. Propiamente, somos a la vez *homo faber*, *homo sapiens*, *homo ludens*, *homo negans*, *homo sperans*, *homo serviens* y *homo transcendens*. Séame permitido prescindir de la explicación de cada una de estas dimensiones de lo humano, asunto que desborda con creces los propósitos de este escrito, aunque sugiero la lectura de Gevaert (1995) al respecto a los lectores motivados con esto, al igual que la de Niño (2002), basada ésta en la obra de Xavier Zubiri, el insigne filósofo español, quien nos enseña que el hombre es, por encima de todo, *inteligencia sentiente*. Así las cosas, no tiene ningún sentido escindir estas dimensiones en las obras humanas, en particular las tecnocientíficas. Para nuestro caso, significa esto que no separaremos ni lo lúdico ni lo educativo de lo histórico: *homo faber*, *homo sapiens* y *homo ludens* al unísono, y sin prescindir de las otras dimensiones de lo humano, ser histórico como el que más. Del mismo modo, lo previo recibe además su respaldo desde la teoría de las inteligencias múltiples de Howard Gardner, es decir, la inteligencia humana no se reduce a lo lógico-matemático sin más.

Ahora bien, ¿qué implica la denominación ciencia recreativa? En lo esencial, a mi modo de ver, tres aspectos, a saber: (1) la incorporación de un modo de ver el mundo ajeno al dogma y al principio de autoridad; (2) la re-creación del mundo desde el punto de vista del educando y gracias a la acción del maestro; y (3) la fruición inherente a la ciencia.

La incorporación de tal modo de ver el mundo procede por la vía, no podía ser de otra forma, del cuerpo. Es el sentido del conocimiento incorporado que propone la antropóloga danesa Kirsten Hastrup (1995). Para lo que aquí nos ocupa, significa que no es factible una incorporación tal por la sola vía libresca. Resulta imprescindible la experimentación en consonancia con lo que suele denominarse método científico, pues, es justo el diálogo sano con la realidad el mejor antídoto contra dogmatismos y posturas autoritarias. De esta forma, la vivencia del método científico, así, en directo, forma en el espíritu mismo de la ciencia.

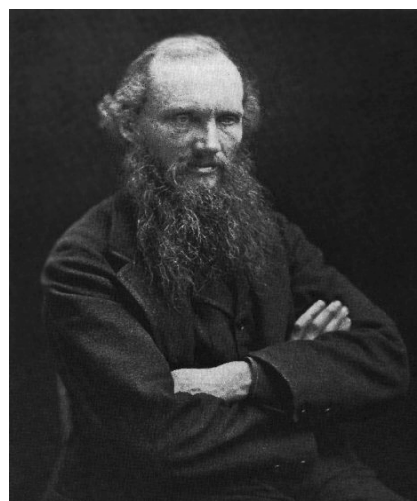
Necesariamente, el maestro, al ser puente entre la tradición, por lo que enseña, y la revolución, por aquellos a quienes enseña, crea de nuevo el mundo para sus discípulos, puesto que éstos viven un complejo proceso de aculturación. En el caso de la ciencia, por tratarse de una representación mental finita de una realidad compleja e infinita, el maestro, al poner en juego toda una serie de teorías, modelos y modelillos, ofrece la re-creación del mundo en un sentido teleoforme stricto sensu, de conocimiento siempre imperfecto del mundo. En otras palabras, el maestro de ciencias está en contacto con la tradición en virtud de la historia de la ciencia y con la revolución al enseñar el modo científico de ver el mundo.

Por su parte, el principio dialéctico del método científico, al poner en diálogo la teoría con el experimento, pone en juego el goce intelectual concomitante, la dimensión lúdica antedicha, esto es, la comprensión de un cierto rasgo de la naturaleza suele ir acompañada de un sentimiento embriagante de goce, de fruición. En otras palabras, la ciencia no se sustrae a una dimensión estética. El buen científico es, a la vez, un esteta y un hedonista. De esta manera, el ethos científico es inseparable de la nota de homo ludens propia de nuestra especie, amén de las otras dimensiones.

De esta forma, estas tres notas subyacen en la denominación ciencia recreativa con sentido antropológico riguroso. Por ejemplo, las podemos percibir en el estilo docente de William Thomson, más conocido en los anales de la ciencia como Lord Kelvin. Sirva de muestra el siguiente fragmento significativo (Sierra, 1998): *"En la realización real de los experimentos, no obstante, desaparecía todo indicio del catedrático supervisor ortodoxo y sólo aparecía el hombre genuino, vehemente, entusiasta, ansiosamente expectante, alegre con el éxito y abatido por el fracaso del asunto entre manos. Cuando se tenía éxito, el deleite ruidoso de la clase se debía más al placer entusiástico manifiesto en el comportamiento del catedrático que a la demostración triunfante de una verdad científica. ¿Qué inducción más convincente podrían recibir los estudiantes para llegar a ser trabajadores en ciencia física que ver el gusto proporcionado a su devoto? ¿Qué incentivo al esfuerzo propio podría ser mejor que la realización del sentido para cada hombre del placer ilimitado de su labor cotidiana? De esta manera, la clase era un lugar de trabajo, de vida animada, y de risas".*

Por desgracia, los estilos docentes como el de Kelvin tienden a desaparecer hoy día. Las más de las veces, la enseñanza de las ciencias suele depender más de libros, de

diapositivas, de transparencias, de fotocopias a granel y de otras tecnologías por el estilo que del trabajo experimental. Se ha olvidado nuestra época del concepto de Kant acerca de que la mano es el filo del cerebro. Una situación como ésta es todavía más irónica en el caso de la formación de ingenieros en agraz ante la tendencia, sobre todo en el Tercer Mundo, a reducir a su mínima expresión la enseñanza de laboratorio en un malentendido sentido del ahorro de gastos. Es la preponderancia de la mera instrucción sobre la formación. Así, se desdibuja la dimensión lúdica, o neoténica, en la enseñanza de la ciencia. En una palabra, se ha perdido el almendrón de la ciencia en tanto matrimonio entre el escepticismo y el asombro (Sagan, 1997). Mas, para fortuna nuestra, no todo está perdido.



EXPERIMENTOS RECREATIVOS EN SU CONTEXTO HISTÓRICO

En lo que a la ciencia recreativa atañe, *Scientific American* ha sido una revista emblemática con motivo de su clásica sección *The Amateur Scientist*. En lengua castellana, la revista se llama *Investigación y Ciencia*; y la sección correspondiente, *Taller y Laboratorio*. Esta última denominación es bastante llamativa habida cuenta de su marcado talante cultural, es decir, refleja el proverbial ethos anglosajón, sobre todo el estadounidense. En efecto, el norteamericano medio, pragmático per se, es muy afecto a tener un laboratorio o taller en el garaje de su casa o en algún desván o cuarto trasero. Empero, no es éste un rasgo muy marcado en otras culturas, sobre todo en la hispana.

Hace algunos años, desapareció tal sección de la revista, habiendo sido reemplazada por otra llamada *Curiosidades*, con un alcance mucho más restringido. Pero, felizmente, dicha sección ha retornado no hace mucho. De esta forma, la comunidad de científicos amateurs quedó un tanto huérfana por algún tiempo, salvo por la labor de la *Society for Amateur Scientists*, cuyo boletín sirve a la comunidad de marras. En todo caso, la desaparición, así sea transitoria, de la sección antedicha deja entrever un cierto retroceso en materia de ciencia recreativa en tanto valioso recurso educativo, máxime que *The Amateur Scientist* siempre se ha caracterizado por la presentación de experimentos recreativos con su dimensión histórica respectiva, rasgo atípico de la literatura sobre ciencia recreativa.

La experiencia educativa de quien esto escribe sugiere con creces las bondades de revistas como *Scientific American* a fin de insuflar en los alumnos las tres notas enumeradas más arriba para la ciencia recreativa. Parecida cosa cabe decir de revistas como *Journal of Chemical Education* y *The Physics Teacher*. Hemos de ver revistas de esta categoría como recursos educativos de valía. Después de todo, como señala con gran tino Shulpín (1990), pedagogo ruso, para el entendimiento más profundo de la esencia de cualquier concepto científico más vale realizar un experimento que cien

veces leer acerca de este concepto. En esta óptica, los libros y otras fuentes escritas cumplen la función de auxiliares, no de sustitutos plenos de la dimensión dialéctica de la enseñanza científica.

Ahora bien, merece una mención especial la obra clásica de Yakov Isidorovich Perelman, padre del género literario de la ciencia recreativa. Sus múltiples y primorosos libros, sobre todo su Física recreativa, son cuidadosos en lo que atañe a la dimensión histórica destacada en estas páginas, por lo que tales libros son fuentes imprescindibles, si bien no exclusivas, a la hora de acometer la reproducción de experimentos históricos con fines pedagógicos. La mejor fuente existente en la Red acerca de tan maravilloso autor y sus fascinantes libros es la página creada por Barros y Bravo (2000).



CIENCIA RECREATIVA E HISTORIA DE LA CIENCIA: REPRODUCCIÓN DE EXPERIMENTOS HISTÓRICOS

En julio del año 2000, se llevó a cabo un congreso acerca del uso de la historia de la ciencia en lo tocante con la enseñanza científica. Tuvo lugar en la sede de la londinense *Royal Society*. Asistieron a dicho encuentro profesores de ciencias de toda Europa para compartir sus experiencias al respecto. Entre las ponencias presentadas, hubo una, muy interesante y sugestiva, sobre la reproducción de experimentos históricos, trabajo investigativo abordado por algunos profesores de la Universidad de Oldenburg, sita en Alemania (Mueller et al., 2000). También, en *Investigación y Ciencia*, ha visto la luz tal trabajo (Heering et al., 2000). De esta forma, se aprecia, por una parte, que la reproducción de experimentos históricos constituye un nuevo frente de investigación en materia de historia de la ciencia y la tecnología y, por otra, que tales reproducciones son un recurso valioso y provocativo para la educación científica tanto en instituciones educativas como del gran público.

El concepto esencial que subyace a la reproducción de experimentos históricos con fines formativos es nuevo, en cierto modo, desde el punto de vista educativo, puesto que no es la ejecución habitual de experimentos recreativos por fuera de su contexto histórico, y con miras a un público neófito o poco iniciado en la ciencia, sino que implica investigación en toda regla, por lo que su alcance formativo es mayor. De esta manera, tal reproducción combina las dos dimensiones que se han resaltado más arriba, la neoténica y la histórica, si no perdemos de vista lo anotado antes a propósito de la antropología filosófica.

El método científico, según advierte con tino Wagensberg (1999), no sirve para tener ideas, sino para tratarlas. Mientras que la historia de la ciencia es la historia de las buenas preguntas, la historia de las creencias es la de las buenas respuestas. Al fin y al cabo, las grietas del método científico se rellenan con pasta de ideología. Por su parte, Richard Feynman (1999), en una conferencia provocativa del año 1963, *La incertidumbre de la ciencia*, destacaba lo siguiente: *"La mayoría de la gente encuentra sorprendente que en ciencia no haya interés por la formación previa del autor de una idea o por sus motivos al exponerla. [...] Usted no tiene que preocuparse por cuánto haya estudiado él o por qué quiere que usted le escuche. En ese sentido, no importa de dónde procedan las ideas"*. Hasta aquí Feynman. No lo olvidemos: el método científico alude más a la forma de tratar las ideas que a su origen. Por consiguiente, la ciencia es ecuménica como la que más.

Desde el punto de vista pedagógico, la precisión previa es primordial. En efecto, si no ponemos en claro la nota ecuménica de la ciencia, si proyectamos una imagen de la ciencia en tanto un conocimiento abstruso y esotérico apenas al alcance de una minoría exigua de iniciados, estéril será nuestro esfuerzo en los diversos escenarios educativos a fin de inculcar en nuestros alumnos el modo científico de ver el mundo. En esta óptica, hemos de replantear la idea misma de comunidad científica, extenderla mucho más allá de los cuatro millones y medio, o cosa parecida, de sumos sacerdotes con formación científico-técnica altamente especializada distribuidos por todo el orbe. En una palabra, el ciudadano debe incorporar el placer de descubrir sin ir más lejos.

Con esta visión, el aula se transforma, en sentido amplio, en escenario para fomentar la adquisición de ethos científico. En concreto, la enseñanza de la historia de la ciencia en consonancia con la reproducción de experimentos históricos, a fuer de su carácter interdisciplinario, induce la adquisición de un ethos tal merced a una dimensión investigativa natural, fluida y sin afectación alguna. Desde el punto de vista de Thomas S. Kuhn (1991), el conspicuo historiador y filósofo de la ciencia estadounidense, estamos aquí ante la adquisición de la sucesión de paradigmas que han conformado un campo disciplinar determinado, elemento que suele faltar en la formación tradicional de científicos e ingenieros.



Figura 5.- Yakov Isidorovich Perelman.

Empero, ¿cómo podemos proceder en tanto educadores que somos? ¿Y cómo superar las limitaciones que no faltan?

La puesta en práctica de un enfoque basado en la reproducción de experimentos históricos para la siembra de ethos científico tiene sus exigencias en cuanto se refiere al maestro correspondiente. Para mayor exactitud, si éste no está familiarizado con la historia y la filosofía de la ciencia, si no posee habilidad para la escritura, si no tiene contacto con la enseñanza de laboratorio como dimensión clave en la enseñanza

científica, si no ha incorporado el modo científico de ver el mundo, es decir, si es dogmático y autoritario, cualquier iniciativa al respecto irá al traste. Por así decirlo, el enfoque defendido en estas páginas nace de la abundancia, no de la escasez, por lo que el maestro correspondiente deberá ser una persona formada integralmente, con mente humanista.

Puesto que se trata aquí del montaje de experimentos recreativos de valor histórico, no necesariamente cruciales, de su reproducción, es menester precisar unos cuantos requisitos básicos que hemos de tomar en cuenta. En primera instancia, la investigación de índole histórica sobre el particular. Una vez elegido un tema, ha de acopiarse información pertinente al mismo. La consulta en bibliotecas y centros de documentación, la visita a librerías, la búsqueda en la Red, en fin, he aquí la clase de recursos que no conviene perder de vista a este respecto. Botón de muestra, la Red cuenta con páginas fabulosas con toda una miríada de textos, incluso libros completos, disponibles en forma completamente gratuita dado su propósito eminentemente educativo. Por ejemplo, la página de la *Society for Amateur Scientists* (<http://www.sas.org>). A su vez, en lo que a bibliotecas se refiere, no han de olvidarse buenas revistas en el área de la pedagogía de las ciencias como las mencionadas más arriba (*Scientific American*, *Journal of Chemical Education*, *The Physics Teacher*, *La Recherche*, por destacar unas cuantas de prestigio). En cualquier caso, al momento de acometer una búsqueda de información, es menester no perder de vista la humildad científica destacada por Umberto Eco (1994), esto es, el hecho que cualquiera puede enseñarnos algo si le escuchamos, que no hay que despreciar ninguna fuente. Por consiguiente, la humildad científica va de la mano con el rigor intelectual en el manejo de las fuentes de información.



Figura 6.- Logotipo de *The Citizen Scientist*, publicación de *The Society for Amateur Scientists*.

En segundo lugar, conviene deshacer el mito sobre la pretendida necesidad de un laboratorio suntuosamente dotado, advertencia hecha por revistas como *Scientific American* y *Journal of Chemical Education*. En especial, es aconsejable desmitificar tal creencia consensual en el seno de los países del Tercer Mundo habida cuenta de su proverbial limitación de recursos para el sector educativo. De facto, fuentes como las señaladas en el párrafo anterior demuestran con creces que es factible realizar experimentos científicos a granel a un costo bastante módico. Si nos fijamos con cuidado, los pedagogos anglosajones sostienen que la cocina es un laboratorio de investigación muy bien dotado. Complementémoslo con unos cuantos elementos que adquiramos en ferreterías, cacharrerías y supermercados, y tendremos un recurso material de valía pedagógica para satisfacer muchas de nuestras necesidades. Es tan

sólo cuestión de mutar la visión que tenemos de la cocina, al igual que del cuarto trasero, de nuestras casas.

La experiencia mía y la de algunos colegas con inquietudes afines, ilustra en cuanto a que lo histórico y lo recreativo pueden ir de la mano al plantear experimentos didácticos.

Por ejemplo, Jorge Alberto Naranjo ha demostrado la factibilidad técnica, científica y económica para el montaje y reproducción de los experimentos cruciales de Galileo Galilei, como los realizados con planos inclinados y péndulos. En concreto, Naranjo (1988) ha demostrado que ciertos experimentos de Galileo con planos inclinados, de imposible realización según muchos autores desde el padre Mersenne, incluido Alexandre Koyré, son factibles, quedando aclarado de paso que Galileo no mintió cuando los describió en sus obras. Por el estilo, Naranjo ha demostrado también la posibilidad de reproducir los experimentos de Newton en el campo de la mecánica de fluidos según lo anunció años atrás en una conferencia sobre Los trabajos de Newton con el agua dada en la medellinense Facultad de Minas. El libro señalado líneas más arriba presenta lo necesario para la reproducción de experimentos de flujo y contra flujo de Hagen-Poiseuille, los del padre Mersenne con planos, y los del péndulo geodiametral.

De otra parte, en el campo de la termodinámica, un trabajo de grado de hace pocos años, dejó clara la posibilidad de reproducir la máquina de vapor de Jerónimo de Ayanz con cristalería estándar de laboratorio, lo que abate los costos de montaje del experimento si no se insiste en ir al extremo de usar los materiales con los que Ayanz contaba en su momento, o sea, si la meta básica del experimento es comprender el modo de funcionamiento de dicho dispositivo. Hoy día, es una práctica habitual de laboratorio. A su vez, en el campo de la fisicoquímica, un trabajo de grado próximo a culminar ha estado orientado hacia la reproducción de los experimentos que llevaron a establecer los conceptos de actividad y fugacidad. Sobre esto, se facilitan las cosas habida cuenta que Gilbert Newton Lewis, el personaje más representativo, solía llevar a cabo sus experimentos en modestos tubos de ensayo.

En la página de la *Society for Amateur Scientists* puede encontrarse un artículo mío (Sierra, 2004) sobre las bondades de la reproducción del experimento de las plantas de Leduc, con el que ilustro las posibilidades de la historia de la ciencia para la realización de experimentos recreativos que pueden llevarse incluso al nivel universitario, no precisamente para neófitos o ignorantes en el asunto. En mis cursos de termodinámica, forma parte del tema de ósmosis.

Como puede verse, son experimentos poco exigentes en cuanto a costos y montajes. Por supuesto, la exigencia va por otro lado: el proceso de investigación concomitante, pues, se requiere alguna paciencia para la búsqueda de fuentes, el ensayo con materiales alternativos (téngase en cuenta que no siempre se cuenta con los materiales primigenios), y la interpretación de los paradigmas tecnocientíficos involucrados, o sea, hay que pensar, en lo posible, con la cabeza de los pioneros en el asunto que se trae entre manos. Eso sí, no quiero decir con lo anterior que siempre se contará con la ventaja de unos costos módicos, sino que hay suficientes ejemplos como para demostrar que no hay que considerar los costos y la fabricación de aparatos como obstáculos insalvables. A este respecto, el trabajo de Naranjo con los

experimentos de Galileo es paradigmático, puesto que tuvo que resolver ciertas dificultades a fin de reproducir lo mejor posible las condiciones de fricción para el desplazamiento de bolas por el canal del plano, pero, en todo caso, Naranjo jamás consideró que lo que hizo representó una dificultad de marca mayor, aunque en nuestra Universidad no faltan los que piensan que sí.

Pero, bueno, ¿qué criterios han de considerarse a la hora de elegir un tema? En primer lugar, el valor histórico del mismo, cuya determinación se ilumina sobremanera merced al estudio y conocimiento de la historia de la ciencia y la tecnología. En segundo lugar, la posibilidad investigativa del tema, esto es, la posibilidad de proponer hipótesis, de someterlas a prueba, de construir teoría, de extraer conclusiones. En tercer lugar, la posibilidad de montaje del experimento elegido, puesto que siempre existe el riesgo en cuanto a que se hayan perdido materiales de construcción y técnicas del pasado, sobre todo las artesanales. En cuarto lugar, la posibilidad de pensar con otra cabeza en el sentido señalado en su momento por el mencionado Thomas S. Kuhn (1996). Y no se olvide lo tocante a las normas de seguridad para montar los experimentos.

El penúltimo criterio es crucial a mi modo de ver a causa de la necesidad de precisar la sucesión de paradigmas y revoluciones en el tema bajo estudio, o sea, la necesidad de pensar en términos de los personajes involucrados en la historia del experimento elegido. Dicho de otra manera, pensar con otra cabeza significa proceder con mentalidad de etnometodólogo sin ir más lejos, esto es, no podremos comprender un descubrimiento de, digamos, el siglo XVI si pensamos como hombres de nuestra época. Por lo tanto, el cuarto criterio señalado es el que realmente exige la investigación histórica del caso a fin de reconocer, en lo posible, los yoes complementarios, como los denominaba Pedro Laín Entralgo, de los personajes y los contextos asociados.

Si nos fijamos con cuidado, el enfoque defendido en estas páginas connota una dimensión interdisciplinaria natural, factor esencial para la forja de ethos científico en el mundo de hoy. Desde luego, por interdisciplinariedad, para nuestros fines, hemos de ir más allá de la acepción usual del término. Propiamente, nos interesa la provocativa definición brindada por el ya citado Jorge Wagensberg (2003): *"Interdisciplinariedad: La naturaleza no tiene la culpa de los planes de estudio y de los proyectos de investigación de escuelas y universidades"*. En nuestro caso, el solo hecho de poner a nuestros alumnos en la rica tarea de llevar a buen puerto la reproducción de un experimento histórico les llevará, en el proceso formativo concomitante, al abordaje de la solución respectiva por una vía interdisciplinaria por excelencia, lejos del nefasto síndrome del especialista, pues, requerirán, por necesidad, del sano recurso a la historia y la filosofía de la ciencia y la tecnología, a la sociología, a la antropología, a la economía y a la política, entre otras disciplinas. En una palabra, es indispensable, en esta óptica, el espectro variopinto de las ciencias humanas en conjunción con el de las ciencias de la naturaleza, pues, sin visión de conjunto, las bondades pedagógicas de la reproducción de experimentos históricos se tornan evanescentes por completo.

A su vez, otro fruto pedagógico de la reproducción de un experimento histórico, amén del montaje del mismo, tiene una impronta interdisciplinaria como la que más: el

ensayo. Pues sí, dada la meta formativa de lo planteado en estas páginas, no puede faltar un buen ejercicio de escritura, siendo el ensayo el formato más conveniente para los fines correspondientes en virtud de la conjugación que hace del universo de la cultura, género argumentativo como el que más, ya que acopla con armonía arte y ciencia, esto es, manejo pulcro del lenguaje y presentación rigurosa de las ideas. De hecho, el ensayo es el más humano de los géneros como bien lo señalan Jaime Alberto Vélez (2000) y Fernando Vásquez (2004).

No es un exabrupto la conexión de la escritura ensayística con la reproducción de experimentos históricos. Por una parte, el ensayo es un género que ha incorporado lo histórico desde sus orígenes con Michel de Montaigne y Francis Bacon. Por otra, entre las numerosas definiciones brindadas para el ensayo, existe una en especial, debida al maestro Alfonso Reyes: *"Un ensayo no es un informe de investigaciones realizadas en el laboratorio: es el laboratorio mismo, donde se ensaya la vida en un texto, donde se despliega la imaginación, creatividad, experimentación, sentido crítico, del autor. Ensayar es eso: probar, investigar, nuevas formulaciones habitables por la lectura, nuevas posibilidades de ser leyendo"*. Pues, bien, he aquí una definición elocuente a buen tono con la riqueza formativa que subyace en el proceso de investigación propio de la reproducción de experimentos históricos. Por tanto, existe cierta connaturalización entre una reproducción tal y su memoria escrita como ensayo.

Al final de cuentas, ¿qué significa la forja de ethos científico? Bien, pese a la complejidad inherente a tal denominación, digamos aquí que un ethos semejante imbrica la adquisición de conciencia acerca de la falibilidad humana, de lo absurdo de las posturas dogmáticas y autoritarias, de la necesidad de institucionalizar la maquinaria de error y corrección tanto en nuestras instituciones sociales como en nuestra visión del universo, de la valía de la capacidad de asombro en mancomunidad con el escepticismo. Es, nada menos, que el sentido de la visión ética planteada por Karl Popper en su discurso *El conocimiento de la ignorancia*, pronunciado con motivo del doctorado honorario que le confirió la Universidad Complutense de Madrid (Popper, 2001).

He aquí, entonces, la gema preciosa, esa especie de Silmaril, que aguarda cual premio a quien posea los arrestos suficientes para asimilar el almendrón de la ciencia, el ethos científico del que tan urgidas están las desastradas sociedades hispanas. Y, por supuesto, la adquisición de un ethos tal no procede por la vía libresca, sino por incorporación directa sintiendo y viviendo el método científico debidamente imbricado con los aspectos sociales que no pueden faltar en la maduración de los descubrimientos científicos y los experimentos cruciales que los han decantado. He aquí, pues, porque la reproducción de experimentos históricos promete ser todo un Potosí pedagógico en los años venideros... si procedemos con sabiduría y perseverancia.

EPÍLOGO

Desde luego, el tema no se agota, lo que no es óbice para decantar algunas conclusiones:

1. La omisión del discurso de la antropología filosófica en la didáctica de las ciencias lleva a la separación artificial entre el experimento histórico y el

recreativo. Empero, por ser el hombre inteligencia sentiente, tal separación carece de sentido a los ojos de alguien cuya formación haya transitado tanto en el campo científico-técnico como en el de las ciencias humanas.

2. El experimento histórico en clave recreativa es válido en la formación universitaria habida cuenta que el juego es una constante a lo largo de toda la vida. Somos una especie neoténica por excelencia, estando conectado lo lúdico con las demás notas de lo humano. Como bien decía Aristóteles, hay que enseñar divirtiéndose.
3. No se puede generalizar la creencia en cuanto a que la reproducción de un experimento histórico es costosa per se. Si el docente y sus alumnos gustan de la actividad de taller y laboratorio, abatirán costos al fabricar los montajes que estimen pertinentes. En todo caso, no se debe descuidar lo atinente a las normas de seguridad al realizar montajes y ejecutar experimentos.
4. Lo recreativo implica otra nota, amén de la frutiva: la aculturación inherente a la realización de experimentos, o sea, la "re-creación", así, con guión, del mundo para el alumno merced a la labor del maestro. El placer de descubrir, como lo sugiere Feynman, no puede faltar en la enseñanza de las ciencias.
5. En tal aculturación está la incorporación del modo científico de ver el mundo, visto como lo opuesto al dogma y al principio de autoridad, por la mediación de la ciencia recreativa. Si alumno y docente se limitan apenas a divertirse, pero persistiendo en posturas dogmáticas y autoritarias, no estarán adquiriendo un ethos científico stricto sensu.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, P. y BRAVO, A. (2000). *Libros maravillosos*. Disponible en línea en: <http://www.geocities.com/librosmaravillosos/>; o en: <http://yperelman.ifrance.com/yperelman/>.
- BORRERO, A. (2003). *Idea de la Universidad en sus orígenes*. Bogotá: Simposio Permanente sobre la Universidad.
- BUNGE, M. (2003). *Cómo criar y cómo matar la gallina de los huevos de oro: Discurso en su Doctorado Honoris Causa por la Universidad de Salamanca*. Disponible en línea en: <http://www.adaja.org/bunge.html>.
- CEREIJIDO, M. (2000). *Ciencia sin seso, locura doble: ¿Estás seguro de que te quieres dedicar a la investigación científica en un país subdesarrollado?* México: Siglo Veintiuno.
- CEREIJIDO, M. y REINKING, L. (2004). *La ignorancia debida*. Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- ECO, U. (1994). *Cómo se hace una tesis*. Barcelona: Gedisa.
- ECO, U. (2002). *El mago y el científico*. Disponible en línea en: <http://www.sindominio.net/biblioweb/escepticos/eco.html>.
- FEYNMAN, R.P. (1994). *¿Está usted de broma, Sr. Feynman?* Madrid: Alianza.
- FEYNMAN, R.P. (1999). *Qué significa todo eso: Reflexiones de un científico ciudadano*. Barcelona: Crítica.
- GEVAERT, J. (1995). *El problema del hombre: Introducción a la antropología filosófica*. Salamanca: Ediciones Sígueme.

- GOETZMANN, W. (1990). Los estadounidenses, la exploración y la cultura de la ciencia. En LUEDTKE, L.S. (Ed.) *La creación de los Estados Unidos: La sociedad y la cultura de los Estados Unidos*. Washington: Servicio Cultural e Informativo de los Estados Unidos.
- GONZÁLEZ, A.M. (2000). *En busca de la naturaleza perdida: Estudios de bioética fundamental*. Pamplona: Ediciones Universidad de Navarra.
- HASTRUP, K. (1995). Incorporated knowledge. En *Mime Journal*, 2-9.
- HEERING, P. et al. (2000). La reproducción de experimentos históricos. En *Investigación y ciencia*, 286, 62-69.
- HUIZINGA, J. (2000). *Homo ludens*. Buenos Aires y Madrid: Emecé y Alianza.
- JACOMY, B. (1992). *Historia de las técnicas*. Buenos Aires: Losada.
- KARTZEV, V. y JAZANOVSKI, P. (1980). *La naturaleza no es indómita*. Moscú: Mir.
- KUHN, T.S. (1991). *La estructura de las revoluciones científicas*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- KUHN, T.S. (1996). *La tensión esencial: Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*. México: Fondo de Cultura Económica.
- LAÍN, P. (1988). Humanización de la técnica. *Revista de Occidente*, 84, 120-135.
- MUELLER, F. et al. (2000). *Popularising science by performing historical experiments*. En <http://www.bshs.org.uk/conf/2000sciencecomm/papers.htm>.
- NARANJO, J.A. (1988). *Los trabajos experimentales de Galileo Galilei*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- NIÑO, F. (2002). *Antropología pedagógica: Intelección, voluntad y afectividad*. Bogotá: Magisterio.
- POPPER, K. (2001). El conocimiento de la ignorancia. En Polis: *Revista Online de la Universidad Bolivariana*, 1(1). En línea en: <http://www.revistapolis.cl/ind.htm>.
- POTTER, V.R. (2001). *Bioética, la ciencia de la supervivencia*. En LLANO, A. (Ed.). *¿Qué es bioética?* Bogotá: 3R Editores.
- SAGAN, C.E. (1997). *El mundo y sus demonios: La ciencia como una luz en la oscuridad*. Bogotá: Planeta.
- SIERRA, C.E. (1998). *Al rescate del experimento recreativo en el contexto de la antropología de la termodinámica y la fisicoquímica: Trabajo de promoción a profesor asistente*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- SIERRA, C.E. (2004). *The Leduc Plants: An Example of Amusing Science from the History of Science*. En línea en: <http://www.sas.org/tcs/weeklyIssues/2004-04-30/feature1/index.html>.
- SHULPÍN, G.B. (1990). *Química para todos*. Moscú: Mir.
- THIEBAUT, C. (2000). La ética continental. En Muguerza, J. y Cerezo, P. (Eds.), *La filosofía hoy*. Barcelona: Crítica.
- VÁSQUEZ, F. (2004). *Pregúntele al ensayista*. Bogotá: Kimpres.
- VÉLEZ, J.A. (2000). *El ensayo: Entre la aventura y el orden*. Bogotá: Taurus.
- WAGENSBERG, J. (1999). *Ideas para la imaginación impura: 53 reflexiones en su propia sustancia*. Barcelona: Tusquets.
- WAGENSBERG, J. (2003). *Si la naturaleza es la respuesta, ¿cuál era la pregunta? : Y otros quinientos pensamientos sobre la incertidumbre*. Barcelona: Tusquets.
- WEINBERG, S. (1999). Una visión corrosiva del progreso científico. *Mundo Científico*, 201, 74-82.

ZULETA, E. (2001). *Educación y democracia: Un campo de combate*. Medellín: Hombre Nuevo Editores y Fundación Estanislao Zuleta.

FUENTES ICONOGRÁFICAS

<http://epguides.com/djk/JulesVerne/works.shtml>.

<http://www.th.physik.uni-frankfurt.de/%7Ejr/gif/phys/kelvin.jpg>.

<http://www.first-to-fly.com/History%20Images/1906-1909/1908%20Scientific%20American.jpg>.

<http://www.sas.org/tcs/>.

<http://yperelman.ifrance.com/yperelman/fisicarecreativa1/fisicarecreativa104.html>.

http://www.geocities.com/yakov_perelman/biografia.html.

SUMMARY

Strictly speaking, if we want to teach science in good agreement with its essence, we ought to encourage the respective ethos among our students. In fact, this implies the incorporation of a conception of the world from a specific viewpoint, which is antagonistic in relation to dogmatisms and authoritarian principles. Thus, it is proposed in this paper the replication of historical experiments in consonance with the amusing science in order to promote the aforementioned ethos from its practical and enjoyable dimension. Furthermore, some examples are provided with the object of illustrating the foregoing approach.

Key words: *replication; historical experiment; amusing science; scientific ethos; postmodernity; postmodern thinking.*